

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re U.S. Patent Application

Applicant: Kenji Noma

Serial No.

Filed: February 6, 2004

For: MAGNETORESISTANCE
EFFECT FILM,
MAGNETORESISTANCE
EFFECT HEAD AND
SOLID STATE MEMORY

Art Unit:

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: Mail Stop PATENT APPLICATION, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on this date.

February 6, 2004
Date

Kenji Noma
Express Mail Label No.: EV032731562 US

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2003-310946, filed September 3, 2003.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By 

Patrick G. Burns
Registration No. 29,367

February 6, 2004
300 South Wacker Drive
Suite 2500
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312.360.0080
Facsimile: 312.360.9315



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 3 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 1 0 9 4 6
Application Number:

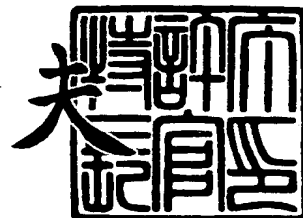
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 0 9 4 6]

出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 2 1 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 0 0 1 6 1 5



【書類名】 特許願
【整理番号】 0351731
【提出日】 平成15年 9月 3日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 5/39
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 野間 賢二
【特許出願人】
 【識別番号】 000005223
 【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100077621
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 綿貫 隆夫
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092819
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 堀米 和春
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 006725
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9803090

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

磁化固定層、第 1 の固定磁性層、反平行結合中間層、第 2 の固定磁性層、非磁性中間層、自由磁性層、保護層がこの順に積層されてなる磁気抵抗効果膜において、

前記第 1 の固定磁性層の磁化方向を固定する磁化固定層として、前記第 1 の固定磁性層との間に交換結合作用を起こさない材料からなり、前記第 2 の固定磁性層の磁化方向を一方向に固定する配向制御層が設けられていることを特徴とする磁気抵抗効果膜。

【請求項 2】

配向制御層の、第 1 の固定磁性層が接している面と反対の面側には、強磁性層、反強磁性層またはフェリ磁性層が存在していないことを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果膜。

【請求項 3】

第 1 の固定磁性層が、コバルト濃度が 35 ～ 71 モル%の範囲であるコバルト-鉄(CoFe)二元合金、またはコバルト濃度が 35 ～ 71 モル%の範囲であるコバルト-鉄に第三元素を加えてなる三元合金からなり、この固定磁性層の飽和磁化と層厚との積が $3 \text{ T} \cdot \text{nm} \sim 7 \text{ T} \cdot \text{nm}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗効果膜。

【請求項 4】

反平行結合中間層が、ルテニウム(Ru)、イリジウム(Ir)、ロジウム(Rh)、クロム(Cr)およびこれらの合金からなることを特徴とする請求項 2 または 3 記載の磁気抵抗効果膜。

【請求項 5】

磁気抵抗効果膜を厚さ方向に挟む配置に下部シールド層と上部シールド層が設けられ、磁気抵抗効果膜にバイアス印加層と電流端子層が設けられた磁気抵抗効果ヘッドであって、前記磁気抵抗効果膜として請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の磁気抵抗効果膜が用いられていることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【書類名】明細書

【発明の名称】磁気抵抗効果膜並びにこれを用いた磁気抵抗効果ヘッドおよび固体メモリ

【背景技術】

【0001】

ハードディスクドライブの面記録密度は現在も年率100%の増加を続けている。この傾向を今後も維持していくためには、ドライブに搭載されている再生ヘッドの線密度方向の分解能の向上、およびトラック密度方向の素子幅の狭小化が必須である。現在、再生ヘッドとして実用されている磁気抵抗効果ヘッドにおいては、前者はギャップ長を縮小すること、後者は磁気抵抗効果素子の素子幅を減少することが重要である。

【0002】

図10、11にこのような磁気抵抗効果ヘッドの構造を示す。ハードディスク等の記録媒体の再生ヘッドに用いられる磁気抵抗効果素子には現在二種類のタイプがあり、センス電流を膜面内方向に流すCIP (Current In-Plane) 型 (図10) と、膜面に垂直方向に流すCPP (Current Perpendicular to Plane) 型 (図11) とがある。

図10に示す磁気抵抗効果ヘッドでは、磁気抵抗効果膜10が、下部絶縁層12および上部絶縁層14を介して、下部シールド層16と上部シールド層18によって挟まれた配置となっている。22はバイアス印加層、24は電流端子層である。

また、図11に示す磁気抵抗効果ヘッドでは、磁気抵抗効果膜10が下部シールド層16と上部シールド層18によって挟まれた配置となっている。図11では、20が絶縁層、22がバイアス印加層である。

【0003】

磁気抵抗効果ヘッドの再生分解能を決めるギャップ長は、磁気抵抗効果素子の部分を上下で挟んでいる下部シールド層と上部シールド層の間隔のうち、最も狭い部分の間隔で定義されるが、CIPヘッドにおいてはこの間隔は、(下部絶縁層の厚さ) + (磁気抵抗効果膜の厚さ) + (上部絶縁層の厚さ) の合計であるのに対し、CPPヘッドにおいては(電極膜を含む)磁気抵抗効果膜の厚さそのものに相当する。このギャップ長は小さければ小さいほど再生ヘッドの分解能が高くなる。このことから、磁気抵抗効果膜を薄くすることで再生ヘッドの分解能が向上する。

【0004】

磁気抵抗効果膜を薄くすることは、磁気抵抗効果素子の素子幅の減少にも効果的である。その理由を以下に述べる。

図12は、CIP型磁気抵抗効果ヘッドの作製法を示したものである。CPP型も基本的に作製法は同じである。まず、下部シールド層16および下部絶縁層12を形成した後、磁気抵抗効果膜30をスパッタ法で成膜する (図12(a))。次に、素子幅を規定するためのレジストパターン32がフォトリソグラフィ法で形成される (図12(b))。現在のところ、このレジストパターン32の幅は0.05 ~ 0.2 μm である。

【0005】

続いて、レジストパターン32をマスクにしてイオンビームにより磁気抵抗効果膜30をエッチングする (図12(c))。磁気抵抗効果膜30のうち、レジストパターン32によって保護されていない部分はイオンビームによってスパッタエッチングされるが、スパッタされた原子の一部は前記レジストパターン32の側壁に付着する。

例として、磁気抵抗効果膜30の有効膜厚が38 nmであった場合、この付着量は16 ~ 28 nm程度に達する。付着量はエッチング量が多いほど厚くなるため、エッチング前の磁気抵抗効果膜30が薄いほど付着量が少なくて済む。

【0006】

エッチングの後、磁気抵抗効果膜30の磁区制御を行うためのハード膜と、磁気抵抗効果素子にセンス電流を流すための端子がスパッタ成膜34され (図12(d)) 不要部分をレジストごとリフトオフし (図12(e))、上部絶縁層14および上部シールド層18を形成して完成する。図12(d)に示すハード膜/端子成膜の際に、スパッタ成膜34の付着量が多いとハード膜と端子は磁気抵抗効果素子から離れた位置に成膜されるため、素子

幅は広がってしまうことになる。

前記の例で言えば、スパッタ成膜時の付着量がレジストパターン32の片側で16～28 nm あるため、素子幅は0.032～0.056 μm 広がってしまう。現状の素子幅が0.1～0.2 μm であることを考えると、この広がり分は非常に大きい。よってこの広がりを防ぐために、前記磁気抵抗効果膜の総膜厚を薄くすることはきわめて有効な手段である。

【0007】

図13は、図12に比べて総膜厚が薄い磁気抵抗効果膜により図12と同じプロセスでCIP型磁気抵抗効果ヘッドを作製した場合に素子の形状がどのように変わるかを模式的に示したものである。

磁気抵抗効果膜の総膜厚が薄い場合、図13(c)のエッチングプロセスで発生する再付着膜の厚さは磁気抵抗効果膜10の総膜厚にほぼ比例するため、例えば磁気抵抗効果膜10を34.6 nm \rightarrow 19.6 nm と薄くすれば再付着の厚さも16～28 nm \rightarrow 9～16 nmまで薄くできる。これは直接には、図13(e)に示されるコア幅を最大で38 nm 狭くできることを意味する。レジストパターン幅が50～200 nm であることを考えるとこの大きさはレジストパターン幅に匹敵する量であり、磁気抵抗効果膜の薄層化が狭コア幅化を実現する上で重要な要素であると言える。またギャップ長は、磁気抵抗効果膜を薄くした分短くなる。下部絶縁層12と上部絶縁層14の厚さが何れも18 nm の場合、図12(f)におけるギャップ長は70.6 nm であるのに対し、図13(f)におけるギャップ長は55.6 nm と、薄層化により22%短くなる。

【特許文献1】特開平11-185219号公報

【特許文献2】特開平07-169026号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

以上のように、磁気抵抗効果膜の薄層化は狭コア幅化と狭ギャップ化を同時に実現できる有効な手段であるが、現在使用されている磁気抵抗効果膜においては固定磁性層を一方向に固定するために反強磁性膜を使用しているため、この磁気抵抗効果膜の総膜厚を30 nm 以下にすることが難しい。CIPヘッドに用いられる一般的な磁気抵抗効果膜の構成は、例えば、

NiCr5.0nm/PtMn13.0nm/CoFe1.5nm/Ru0.8nm/CoFe2.3nm/Cu2.0nm/CoFe1.0nm/NiFe3.0nm/Ru1.0nm/Ta5.0nm

であり、総膜厚は34.6 nm である。また、CPPヘッドの場合は、例えば、

NiCr5.0nm/PtMn13.0nm/CoFe1.5nm/Ru0.8nm/CoFe2.3nm/Cu2.0nm/CoFe1.0nm/NiFe2.0nm/CoFe1.0nm/Cu2.0nm/CoFe2.3nm/Ru0.8nm/CoFe2.0nm/PtMn13.0nm/Ta5.0nm

のような構成であり、総膜厚は53.7 nm となる。

CIPヘッドの磁気抵抗効果膜の総膜厚のうち38% (CPPヘッドでは48%) を占めているのがPtMn であるが、PtMn が反強磁性を示すためには最低でも13 nm の厚さが必要であるため、PtMn を使用している限りは前記総膜厚を薄くすることは難しい。

【0009】

本発明は、このように、従来の反強磁性層を備えた磁気抵抗効果膜においては、反強磁性層が磁気抵抗効果膜の総膜厚の50%近くを占めており、その機能上、反強磁性層の厚さを一定の厚さ以下にすることができないことから、磁気抵抗効果膜の総膜厚を薄くすることが限界となっていることに鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、強い一方向異方性を示す膜構造を用いることによって、反強磁性層を使用することなく所要の機能を備えた磁気抵抗効果膜を形成することができ、これによって分解能が高く、コア幅の狭い磁気抵抗効果ヘッドを作製可能とする技術を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上記目的を達成するため次の構成を備える。

すなわち、磁化固定層、第1の固定磁性層、反平行結合中間層、第2の固定磁性層、非

磁性中間層、自由磁性層、保護層がこの順に積層されてなる磁気抵抗効果膜において、前記第1の固定磁性層の磁化方向を固定する磁化固定層として、前記第1の固定磁性層との間に交換結合作用を起こさない材料からなり、前記第2の固定磁性層の磁化方向を一方向に固定する配向制御層が設けられていることを特徴とする。

【0011】

前記配向制御層としては、タンタル(Ta) またはタンタル合金が用いられ、第1の固定磁性層の総磁気モーメントと、第2の固定磁性層の総磁気モーメントの差分の大きさが $0.7 \sim 1.4 \text{ T} \cdot \text{nm}$ であるもの、また、前記配向制御層としては、タンタル(Ta) またはタンタル合金が用いられ、第1の固定磁性層の総磁気モーメントを第1の固定磁性層の総磁気モーメントで割った比の大きさが1.15ないし1.45であるものが好適に用いられる。

【0012】

また、前記配向制御層として、ニッケルクロム(NiCr) またはニッケル鉄クロム(NiFeCr) が用いられ、前記NiCr またはNiFeCr 中のNi 濃度が55～65モル%であり、第1の固定磁性層の総磁気モーメントから前記第2の固定磁性層の総磁気モーメントを引いた差分の大きさが $0.7 \sim 1.4 \text{ T} \cdot \text{nm}$ であるもの、また、前記配向制御層として、ニッケルクロム(NiCr) またはニッケル鉄クロム(NiFeCr) が用いられており、前記NiCr またはNiFeCr 中のNi 濃度が55～65モル%であり、前記第1の固定磁性層の総磁気モーメントを前記第2の固定磁性層の総磁気モーメントで割った比の大きさが1.15～1.45であるものが好適に用いられる。

【0013】

また、前記配向制御層の、第1の固定磁性層が接している面と反対の面側には、強磁性層、反強磁性層またはフェリ磁性層が存在していないことを特徴とする。

また、前記第1の固定磁性層が、コバルト濃度が35～71モル%の範囲であるコバルト鉄(CoFe)二元合金、またはコバルト濃度が35～71モル%の範囲であるコバルト鉄に第三元素を加えてなる三元合金からなり、この固定磁性層の飽和磁化と層厚との積が $3 \text{ T} \cdot \text{nm} \sim 7 \text{ T} \cdot \text{nm}$ の範囲にあるものが好適に用いられる。

また、前記反平行結合中間層が、ルテニウム(Ru)、イリジウム(Ir)、ロジウム(Rh)、クロム(Cr) およびこれらの合金からなることを特徴とする。

また、前記第1の固定磁性層の保磁力が50 Oe 以上であることを特徴とする。

【0014】

また、磁気抵抗効果膜を厚さ方向に挟む配置に下部シールド層と上部シールド層が設けられ、磁気抵抗効果膜にバイアス印加層と電流端子層が設けられた磁気抵抗効果ヘッドであって、前記磁気抵抗効果膜として上述した磁気抵抗効果膜が用いられているものが好適に用いられる。

また、上述した磁気抵抗効果膜は固体メモリとしても好適に用いることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明に係る磁気抵抗効果膜は、固定磁性層の磁化の方向を固定する反強磁性層にかえて配向制御層を設けたものであり、従来の磁気抵抗効果膜において膜厚の大きな部分を占めていた反強磁性層を、反強磁性層よりもはるかに薄く形成することができる配向制御層によって置き換えることにより、効果的に薄厚化を図ることが可能となる。これによって、磁気抵抗効果膜の狭コア幅化と狭ギャップ化が可能となり、記録媒体の記録密度の向上に対応できる磁気抵抗効果ヘッド等として利用することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明に係る磁気抵抗効果膜は、固定磁性層を一方向に固定するための反強磁性層を設けるかわりに、固定磁性層の下地層として配向制御層を設けたことを特徴とする。すなわち、本発明に係る磁気抵抗効果膜の膜構成は、以下のような基本構造からなるものである。

配向制御層/固定磁性層1/反平行結合中間層/固定磁性層2/非磁性層/自由磁性層/保護

層

【0017】

配向制御層には、Ta またはTa 合金、NiCr 合金、NiFeCr 合金を好適に用いることができる。以下に、配向制御層としてこれらの材料を用いることが有効である理由を示す。

図2～7は、

配向制御層5.0nm/Co65Fe352.0nm/Ru0.8nm/CoFe1.9nm/Cu1.9nm/CoFe1.0nm/NiFe2.0nm/Ta5.0nm

の構造において、固定磁性層1 (Co65Fe35) を成膜する際の下地である配向制御層の材料を変えて磁気抵抗($\rho-H$) 特性を測定した結果を示す。なお、本実施形態で、Co65Fe35 2.0nmが第1の固定磁性層、Ru0.8nmが反平行結合中間層、CoFe1.9nmが第2の固定磁性層、Cu1.9nmが非磁性層、CoFe1.0nm/NiFe2.0nmが自由磁性層、Ta5.0nmが保護層である。

【0018】

図2は固定磁性層1の下地層として何も設けなかった場合、図3は下地層としてCuを使用した場合、図4は下地層としてRuを使用した場合、図5は下地層としてTaを使用した場合、図6は下地層としてNiCrを使用した場合、図7は下地層をNiCrとTaの2層構造とした場合で、NiCrの上にTaを厚さ5.0 nm設けた場合である。

【0019】

これらの測定結果から、他の材料と比較して、Ta またはNiCr を配向制御層の材料とした場合に、 $\rho-H$ 特性に一方向の異方性があることがわかる。その場合の抵抗変化率が11%以上得られている。この時の磁気抵抗効果膜の総膜厚は19.6 nm となり、従来の膜に比べて15nm も薄い。

また、前記配向制御層の下に、別材料の下地層が挿入されていても良い。図7に示す通り、NiCr/Ta 配向制御層においても $\rho-H$ 特性が得られていることから、前記固定磁性層1と接している層がTa であれば、配向制御層Ta の下にさらに下地 (図7の場合はNiCr) があつたとしても一方向の異方性が得られると考えられるためである。NiCr を配向制御層にした場合についても同じである。

【0020】

図8にはNiCrを配向制御層に用いた場合に、NiCr 中のNi 濃度を变化させて作製した前記の磁気抵抗効果膜の $\rho-H$ 特性を示す。ここでNi 濃度が55～65 モル%の範囲において、高いMR 比が得られているのが判る。すなわち、配向制御層としてNiCrを使用する場合に、Ni 濃度が55～65 モル%の範囲のNiCrを使用することが有効である。このNi 濃度については、NiFeCr を配向制御層に用いた場合も同様である。

【0021】

次に、固定磁性層1にはCo 濃度が35～71 モル%のものをを用いるのが良い。また上記組成の固定磁性層1に、磁気抵抗効果を向上するための第三元素、例えば

B、C、N、O、Si、V、Cr、Mn、Ni、Cu、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ta、W、Ir、Pt

などを添加した三元以上の合金を用いることもできる。

なお固定磁性層2には、Co 濃度が90モル%程度のものをを用いると磁気抵抗効果が高くなるので望ましい。また、固定磁性層1、固定磁性層2の各層は、磁気抵抗効果を向上させるため、組成違いのCoFe 層の多層膜や、CoFe を基とする三元合金などからなる多層膜で構成しても良い。

【0022】

固定磁性層1に上記のCo 濃度が35～71 モル%のものをを用いるのが良い理由を次に示す。

図9は、固定磁性層1に用いるCoFe のCo 濃度を变化させた場合の磁気抵抗の変化を示したものである。Co 濃度が35～71 モル%において、MR 比が高くなることがわかる。これは、このCo 濃度の範囲において、一方向の異方性が強まるためである。

【0023】

次に、固定磁性層1と固定磁性層2の総磁気モーメントについて述べる。

磁気モーメントは、厳密には下記の式で与えられる。式中の t_{mag} は磁性層の物理的層厚であるのに対し、 t_{dead} は磁性層の上または下に非磁性層が積層された場合に、界面で磁氣的秩序を失って磁性を示さなくなる0~2 nm 程度の領域のことを指す。

磁気モーメント = 磁性層の飽和磁化(B_s) × (磁性層の層厚(t_{mag}) - 磁氣的デッドレイヤ厚さ(t_{dead}))

総磁気モーメントは、磁性層が多層膜からなる場合はその各層の磁気モーメントの和で与えられる。

【0024】

本発明における磁気抵抗効果膜では、固定磁性層 1 の総磁気モーメントから固定磁性層 2 の総磁気モーメントを引いた差分の大きさが0.7 ~1.4 T・nm となるように設定されているか、または固定磁性層 1 の総磁気モーメントを固定磁性層 2 の総磁気モーメントで割った比の大きさが1.15 ~1.45 となるように設定されている必要がある。

【0025】

表 1 は前記総磁気モーメントを変えた場合の特性を示したものである。前記総磁気モーメントは、固定磁性層 1 または固定磁性層 2 の磁性層の層厚を変えることで調整している。

【表 1】

総磁気モーメント [Tnm]			モーメント比	MR比[%]	一方向異方性
固定磁性層 1	固定磁性層 2	差分			
4.40	3.23	1.17	1.362	9.47	あり
3.96	3.23	0.73	1.226	3.04	あり
4.40	3.57	0.83	1.232	4.70	あり
3.96	2.89	1.07	1.370	9.12	あり
4.84	3.57	1.27	1.356	9.13	あり
5.28	3.91	1.37	1.350	9.00	あり
4.84	3.23	1.61	1.498	9.66	なし
5.28	3.23	2.05	1.653	9.65	なし
5.72	3.23	2.49	1.771	9.60	なし
6.16	3.23	2.93	1.907	9.30	なし
2.64	3.23	-0.59	0.817	0.00	なし
3.08	3.23	-0.15	0.954	0.00	なし
3.52	3.23	0.29	1.090	0.00	なし
4.40	3.91	0.49	1.125	3.26	なし
4.40	4.25	0.15	1.035	4.88	なし
4.40	4.59	-0.19	0.959	6.34	なし
4.40	2.89	1.51	1.522	9.81	なし
4.40	2.55	1.85	1.725	9.87	なし
4.40	2.21	2.19	1.991	9.73	なし

総磁気モーメントの差分が0.73~1.37 T・nm、総磁気モーメント比が1.15 ~1.45 となる試料について、一方向異方性が発生している。差分または比がこの範囲となる根拠について以下に説明する。

【0026】

本発明の磁気抵抗効果膜では、一方向異方性は配向制御層と固定磁性層 1 との間の交換結合に起因して発生している。そのため、前記の差分が正に大きい場合（固定磁性層 1 の総磁気モーメントが大きい場合など）、前記交換結合が一定であるとすれば、前記固定磁性層 1 に作用するピン止め磁界は固定磁性層 1 の総磁気モーメントに反比例するため、一方向異方性が弱められる。

逆に前記の差分が0.7 以下と小さい場合には、前記固定磁性層 2 は反平行結合中間層を介して固定磁性層 1 と交換結合することで磁化方向が固定されている。このため前記の差

分が小さくなる（固定磁性層 2 の磁気モーメントが大きい場合など）と、固定磁性層 1 から受けるピン止め磁界は固定磁性層 1 の総磁気モーメントに反比例するため、同様に一方向異方性が弱められる。これらのことから、前記差分には最適範囲が存在することになり、それは実験的に $0.7 \sim 1.4 \text{ T} \cdot \text{nm}$ の範囲となる。

また、上記の最適範囲は、前記固定磁性層 1 の総磁気モーメントと前記固定磁性層 2 の総磁気モーメントとの比でも示すことができ、その値は実験的に $1.15 \sim 1.45$ の範囲となる。

【0027】

次に、本発明における磁気抵抗効果膜で、固定磁性層 1 を CoFeRu 合金とした場合の Ru 組成に対する $\rho-H$ 特性を表 2 に示す。なお、表 2 は、前記磁気モーメントの差分が $0.9 \sim 1.2 \text{ T} \cdot \text{nm}$ となるように固定磁性層 2 の層厚を調整して試験した結果である。

【表 2】

mol比[at%]			MR比[%]	$\Delta R_s[\Omega]$
C_{Co}	C_{Fe}	C_{Ru}		
63.2	36.8	0.0	10.99	2.745
62.5	36.5	1.0	11.68	2.738
61.9	36.1	2.0	11.86	2.804
60.7	35.4	3.9	12.39	2.958
58.4	34.1	7.6	13.02	3.133
56.3	32.8	10.9	13.54	3.271
54.3	31.7	14.1	13.77	3.338
52.4	30.6	17.0	14.00	3.450
50.7	29.6	19.7	14.21	3.505
49.1	28.6	22.3	14.45	3.482
47.6	27.8	24.7	14.41	3.496
46.2	26.9	26.9	14.07	3.389
44.8	26.1	29.0	13.66	3.303

【0028】

表 2 から、固定磁性層 1 に Ru を添加することで、MR 比と抵抗変化 ΔR_s が増大していることがわかる。これは CoFe 合金の抵抗率が $20 \mu\Omega \text{ cm}$ と小さいためセンス電流の一部が磁気抵抗効果に寄与しない固定磁性層 1 に流れてしまう、いわゆるシャント効果によるロスが発生しているのに対し、Ru を添加し固定磁性層 1 の抵抗率を $50 \mu\Omega \text{ cm}$ まで高めることでシャント効果が抑制され、磁気抵抗効果が高まっているためである。

同様の効果は Ru 以外にも、例えば B、C、N、O、Si、V、Cr、Mn、Ni、Cu、Nb、Mo、Rh、Pd、Ta、W、Ir、Pt などを CoFe 合金に添加することで得ることができる。

【0029】

なお、本発明の構造を用いることで CPP 型の磁気抵抗効果膜においても反強磁性層が不要となり、CIP 型と同様の狭コア幅化と狭ギャップ化が実現できる。

また MRAM などの固体メモリに、本発明で開示された固定磁性層を有する磁気抵抗効果膜やトンネル磁気抵抗効果膜を用いることで、ヘッド素子と同様、メモリ素子を $0.1 \mu\text{m}$ 以下のサイズでもばらつきなく微細加工することが容易となり、固体メモリの記憶容量の増大が可能となる。

【0030】

また、本発明の構造は、磁気抵抗効果を向上させる目的のため、いわゆるデュアルスピンプバルブ膜に用いることもできる。一般的なデュアルスピンプバルブ膜の構造は、たとえば下記のようなもので、総膜厚は 53.7 nm となる。

NiCr5.0nm/PtMn13.0/CoFe1.5nm/Ru0.8nm/CoFe2.3nm/Cu2.0nm/CoFe1.0nm/NiFe2.0nm/CoFe1.0nm/Cu2.0nm/CoFe2.3nm/Ru0.8nm/CoFe2.0nm/PtMn13.0nm/Ta5.0nm

これに本発明の構造を適用した場合、たとえば下記のような膜構造になる。総膜厚は35.3nmと、-35%薄くできる。図14にこの膜の $\rho-H$ 特性を示す。MR比はデュアルスピバルブにしなかった場合に比べて、12%→15%に増大し、20%の出力アップを得ることができる。

Ta5.0nm/Co₆₅Fe₃₅2.0nm/Ru0.8nm/CoFe1.9nm/Cu2.0nm/CoFe1.0nm/NiFe2.0nm/CoFe1.0nm/Cu2.0nm/CoFe1.9nm/Ru0.8nm/Co₆₅Fe₃₅2.0nm//Ta5.0nm

【0031】

(付記1) 磁化固定層、第1の固定磁性層、反平行結合中間層、第2の固定磁性層、非磁性中間層、自由磁性層、保護層がこの順に積層されてなる磁気抵抗効果膜において、前記第1の固定磁性層の磁化方向を固定する磁化固定層として、前記第1の固定磁性層との間に交換結合作用を起こさない材料からなり、前記第2の固定磁性層の磁化方向を一方に固定する配向制御層が設けられていることを特徴とする磁気抵抗効果膜。

(付記2) 配向制御層として、タンタル(Ta) またはタンタル合金が用いられ、第1の固定磁性層の総磁気モーメントと、第2の固定磁性層の総磁気モーメントの差分の大きさが0.7~1.4 T·nmであることを特徴とする付記1記載の磁気抵抗効果膜。

(付記3) 配向制御層として、タンタル(Ta) またはタンタル合金が用いられ、第1の固定磁性層の総磁気モーメントを第1の固定磁性層の総磁気モーメントで割った比の大きさが1.15ないし1.45であることを特徴とする付記1記載の磁気抵抗効果膜。

(付記4) 配向制御層としてニッケルクロム(NiCr) またはニッケル鉄クロム(NiFeCr) が用いられ、前記NiCr またはNiFeCr 中のNi 濃度が55~65 モル%であり、第1の固定磁性層の総磁気モーメントから前記第2の固定磁性層の総磁気モーメントを引いた差分の大きさが0.7~1.4 T·nmであることを特徴とする付記1記載の磁気抵抗効果膜。

(付記5) 配向制御層としてニッケルクロム(NiCr) またはニッケル鉄クロム(NiFeCr) が用いられており、前記NiCr またはNiFeCr 中のNi 濃度が55~65 モル%であり、前記第1の固定磁性層の総磁気モーメントを前記第2の固定磁性層の総磁気モーメントで割った比の大きさが1.15~1.45であることを特徴とする付記1記載の磁気抵抗効果膜。

(付記6) 配向制御層の、第1の固定磁性層が接している面と反対の面側には、強磁性層、反強磁性層またはフェリ磁性層が存在していないことを特徴とする付記1~5のいずれか一項記載の磁気抵抗効果膜。

(付記7) 第1の固定磁性層が、コバルト濃度が35~71 モル%の範囲であるコバルト鉄(CoFe)二元合金、またはコバルト濃度が35~71 モル%の範囲であるコバルト鉄に第三元素を加えてなる三元合金からなり、この固定磁性層の飽和磁化と層厚との積が3 T·nm~7 T·nm の範囲にあることを特徴とする付記6記載の磁気抵抗効果膜。

(付記8) 反平行結合中間層が、ルテニウム(Ru)、イリジウム(Ir)、ロジウム(Rh)、クロム(Cr) およびこれらの合金からなることを特徴とする付記6または7記載の磁気抵抗効果膜。

(付記9) 第1の固定磁性層の保磁力が50 Oe 以上であることを特徴とする付記1~8のいずれか一項記載の磁気抵抗効果膜。

(付記10) 磁気抵抗効果膜を厚さ方向に挟む配置に下部シールド層と上部シールド層が設けられ、磁気抵抗効果膜にバイアス印加層と電流端子層が設けられた磁気抵抗効果ヘッドであって、前記磁気抵抗効果膜として付記1~9のいずれか一項記載の磁気抵抗効果膜が用いられていることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

(付記11) 付記1~9のいずれか一項記載の磁気抵抗効果膜を用いた固体メモリ。

(付記12) 磁化固定層、第1の固定磁性層、第1の反平行結合中間層、第2の固定磁性層、第1の非磁性中間層、自由磁性層、第2の非磁性中間層、第3の固定磁性層、第2の反平行結合中間層、第4の固定磁性層、保護層がこの順に積層されてなる磁気抵抗効果膜において、前記第1の固定磁性層の磁化方向を固定する磁化固定層として、前記第1の固定磁性層との間に交換結合作用を起こさない材料からなり、前記第2の固定磁性層の磁化

方向を一方向に固定する配向制御層が設けられていることを特徴とする磁気抵抗効果膜。

【図面の簡単な説明】

【0032】

- 【図1】本発明に係る磁気抵抗効果膜の構成を模式的に示す説明図である。
- 【図2】配向制御層がない場合のMR比の測定結果を示すグラフである。
- 【図3】配向制御層をCuとした場合のMR比の測定結果を示すグラフである。
- 【図4】配向制御層をRuとした場合のMR比の測定結果を示すグラフである。
- 【図5】配向制御層をTaとした場合のMR比の測定結果を示すグラフである。
- 【図6】配向制御層をNiCrとした場合のMR比の測定結果を示すグラフである。
- 【図7】配向制御層をNiCr/Taとした場合のMR比の測定結果を示すグラフである。
- 【図8】配向制御層のNiCr中のNi濃度を変化させて ρ -H特性を測定した結果を示すグラフである。
- 【図9】固定磁性層1に用いるCoFeのCo濃度を変化させて磁気抵抗の変化を測定した結果を示すグラフである。
- 【図10】CIP型磁気抵抗効果膜の構成を示す説明図である。
- 【図11】CPP型磁気抵抗効果膜の構成を示す説明図である。
- 【図12】CIP型磁気抵抗効果膜の製造方法を示す説明図である。
- 【図13】磁気抵抗効果膜の膜厚を薄くした場合を示す説明図である。
- 【図14】デュアルスピバルブ膜の ρ -H特性を示すグラフである。

【符号の説明】

【0033】

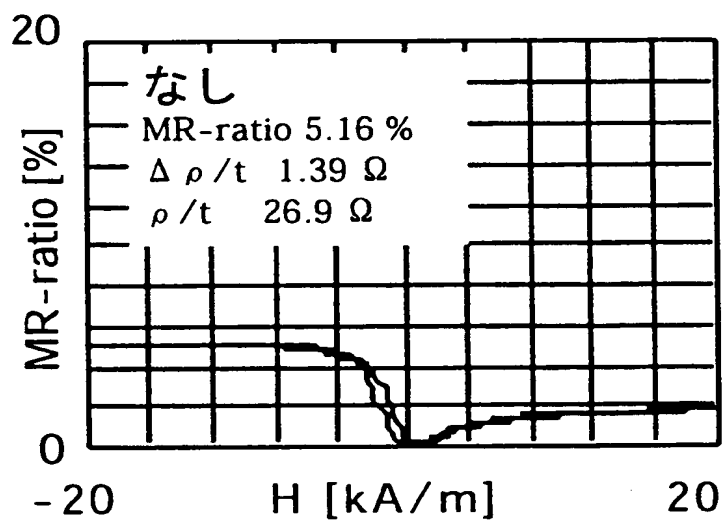
- 10 磁気抵抗効果膜
- 12 下部絶縁層
- 14 上部絶縁層
- 16 下部シールド層
- 18 上部シールド層
- 30 磁気抵抗効果膜
- 32 レジストパターン
- 34 スパッタ成膜

【書類名】図面

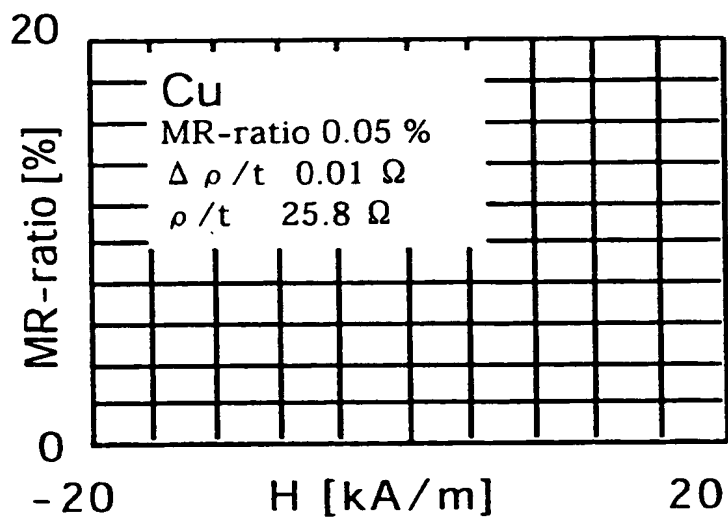
【図 1】

保護層
自由磁性層
非磁性層
固定磁性層 2
反平行結合層
固定磁性層 1
配向制御層

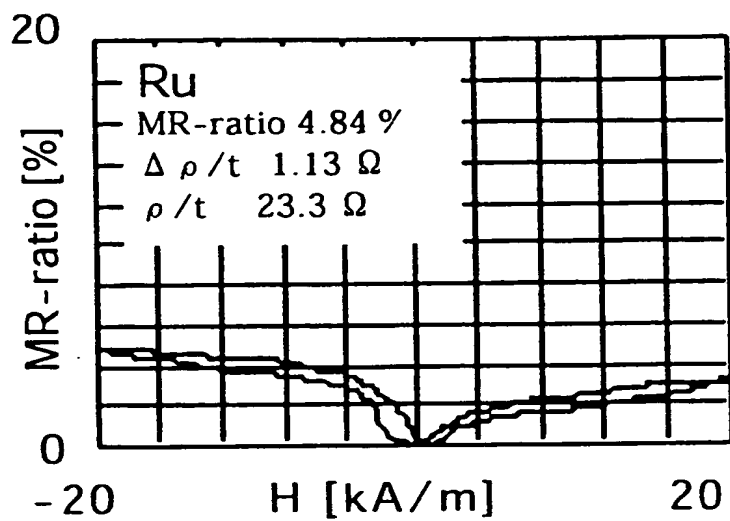
【図 2】



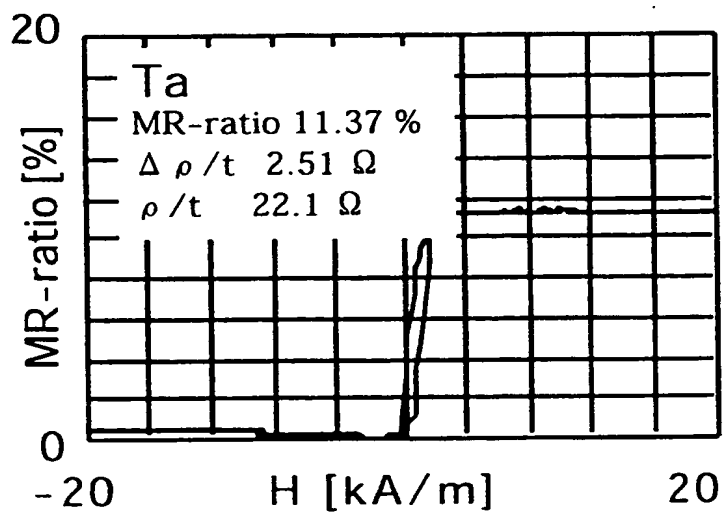
【図 3】



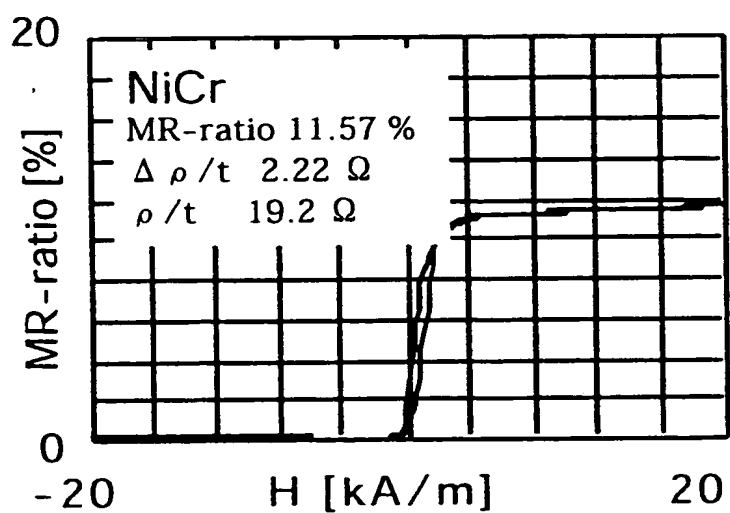
【図 4】



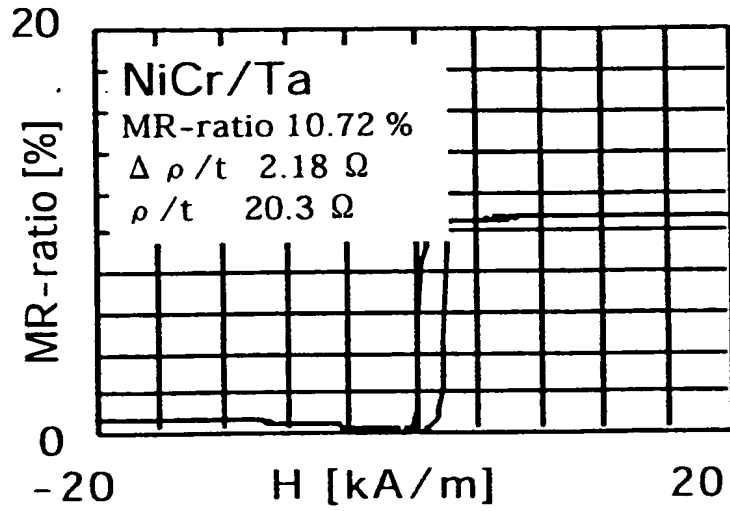
【図 5】



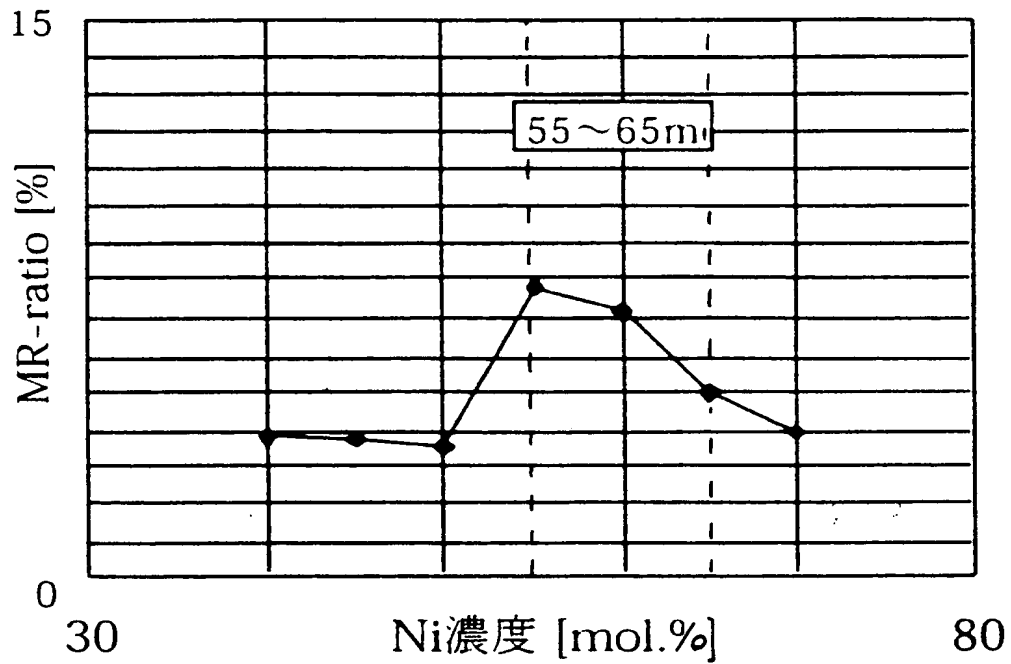
【図 6】



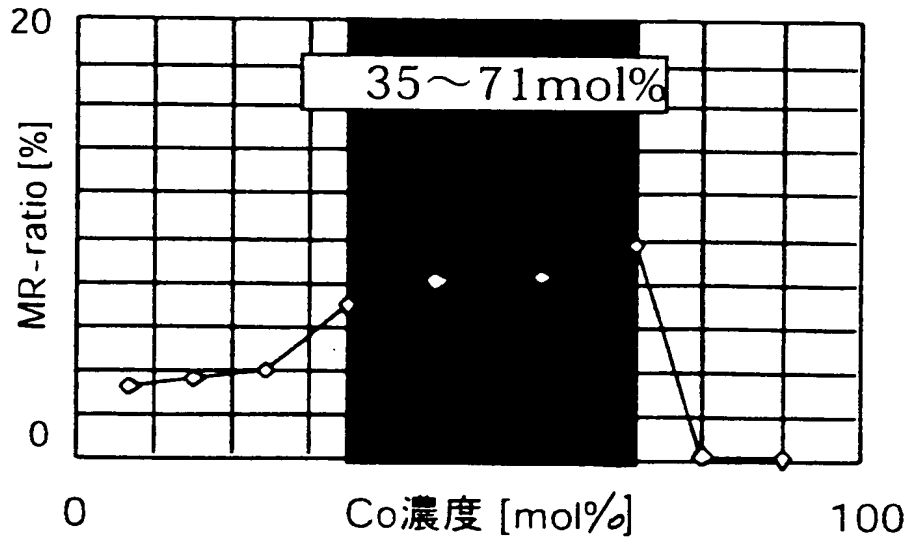
【図 7】



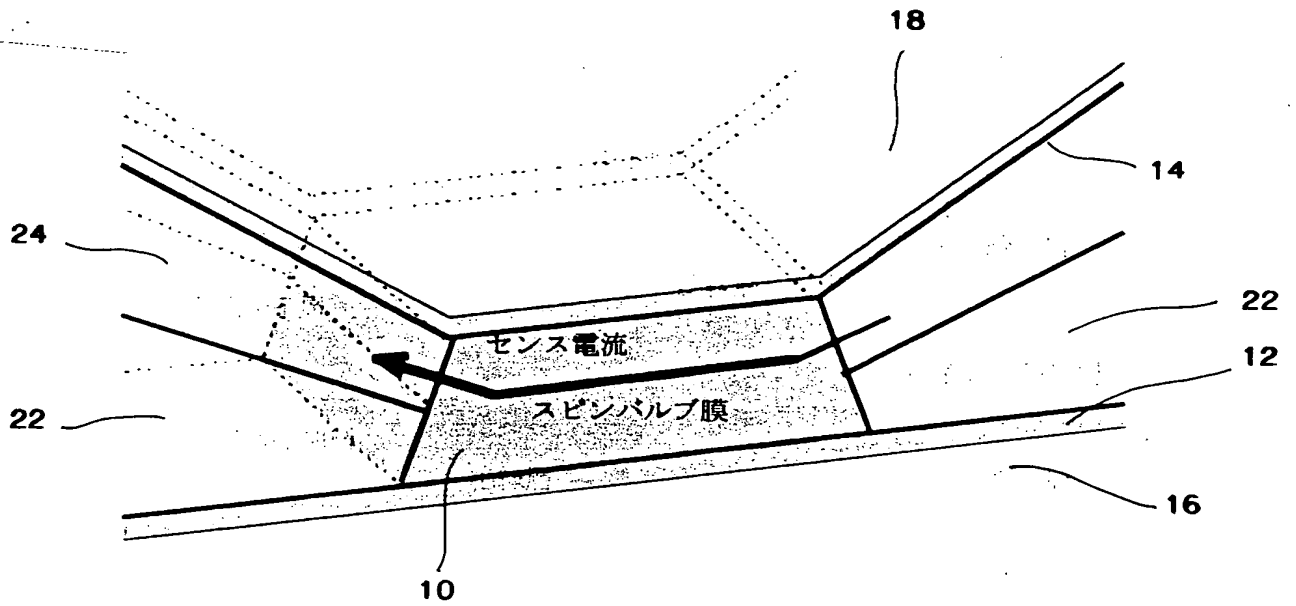
【図 8】



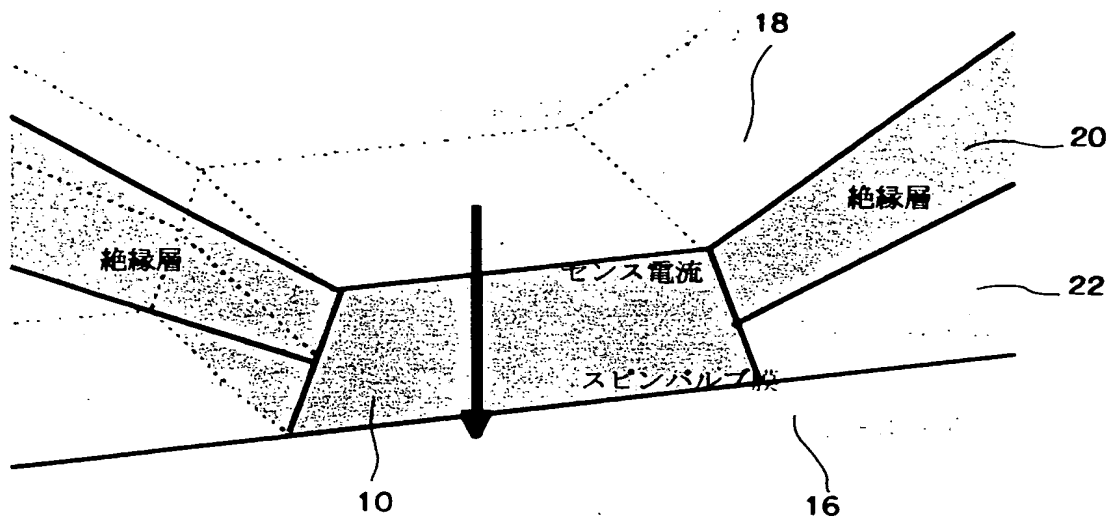
【図 9】



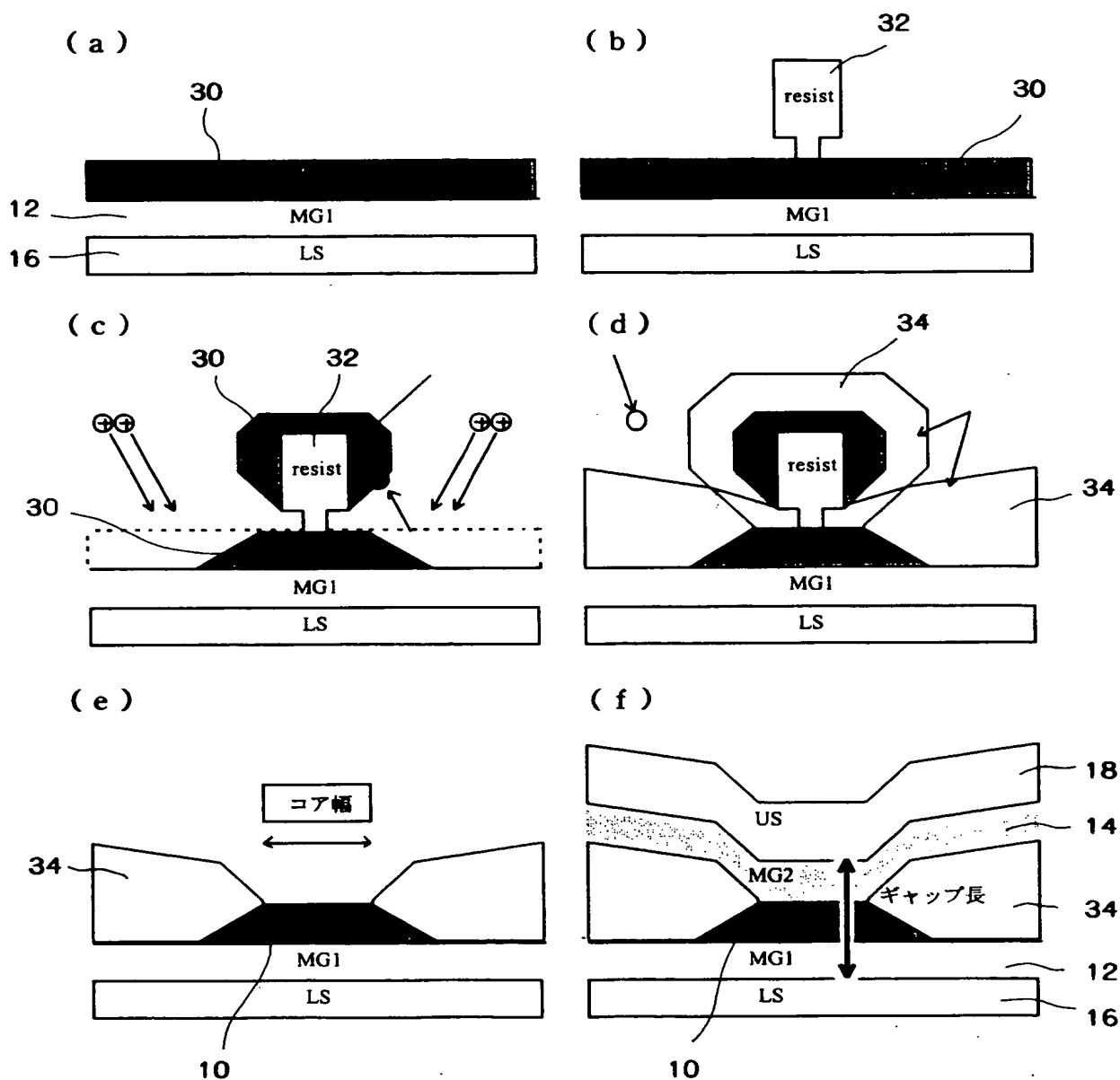
【図 10】



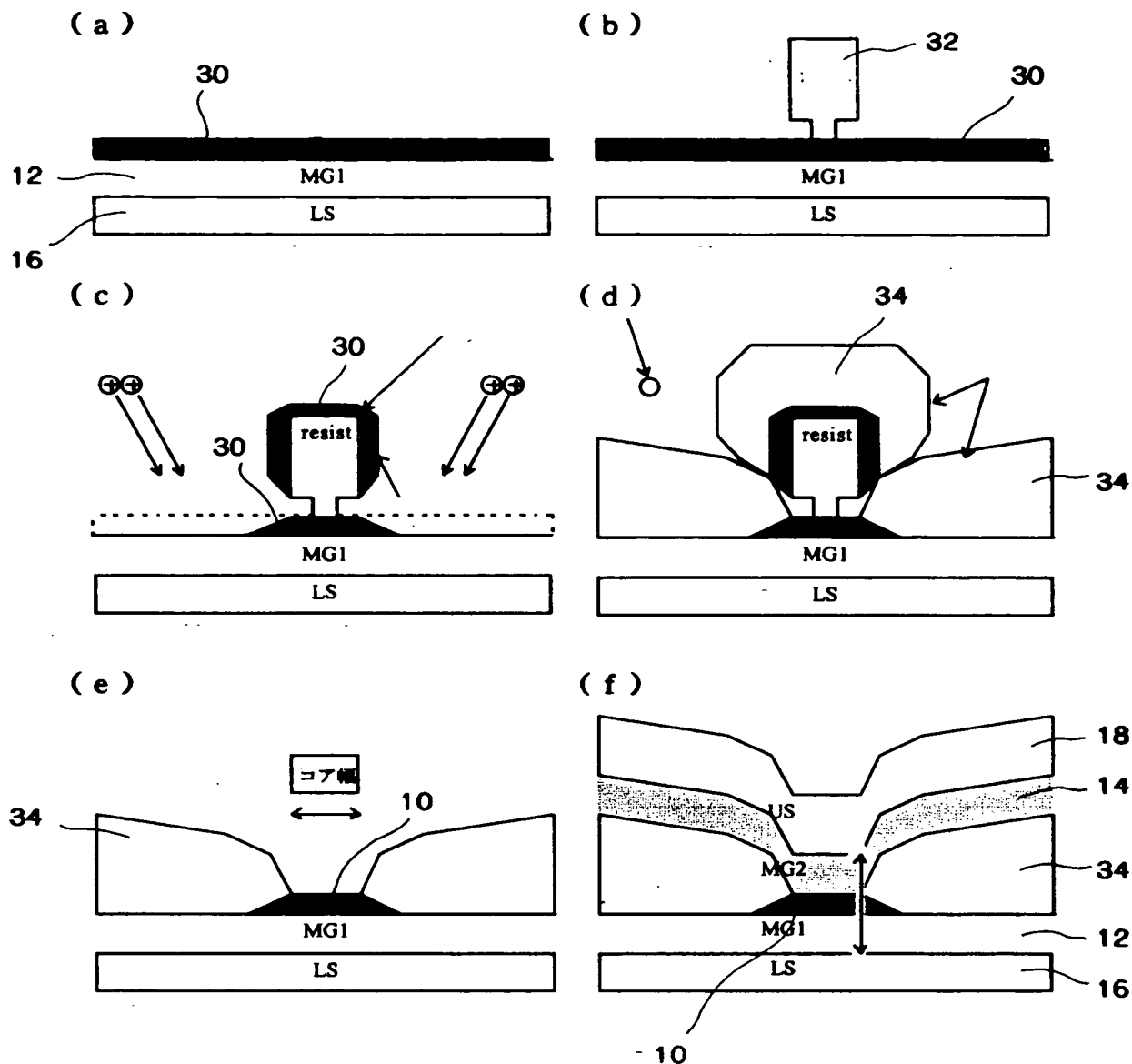
【図11】



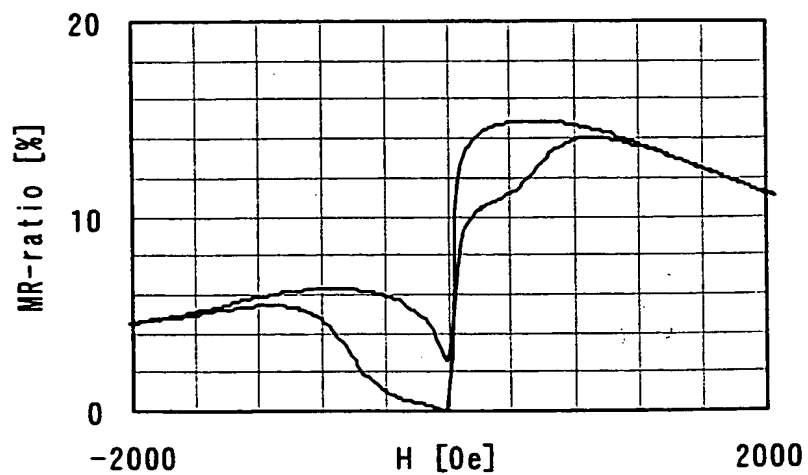
【図12】



【図13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反強磁性層を使用することなく所要の機能を備えた磁気抵抗効果膜を形成することができ、これによって分解能が高く、コア幅の狭い磁気抵抗効果ヘッドを作製可能とする。

【解決手段】 磁化固定層、第1の固定磁性層、反平行結合中間層、第2の固定磁性層、非磁性中間層、自由磁性層、保護層がこの順に積層されてなる磁気抵抗効果膜において、前記第1の固定磁性層の磁化方向を固定する磁化固定層として、前記第1の固定磁性層との間に交換結合作用を起こさない材料からなり、前記第2の固定磁性層の磁化方向を一方向に固定する配向制御層が設けられていることを特徴とする。

【選択図】 図1



特願 2 0 0 3 - 3 1 0 9 4 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社